

Magnetic bearing

Patent Number: ☐ US6118200
Publication date: 2000-09-12
Inventor(s): POLACHOWSKI STEPHAN (DE); REIFF HEINRICH (DE); FREMEREY JOHAN K (DE)
Applicant(s):: KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH (DE)
Requested Patent: ☐ DE19543745
Application Number: US19980068643 19980511
Priority Number (s): DE19951043745 19951124; WO1996DE02229 19961119
IPC Classification: F16C39/06
EC Classification: D01H4/12, F16C39/06A
Equivalents: ☐ EP0862700 (WO9719273), B1, A3, A3, ES2142108T, JP2000500554T, PT862700T, ☐ WO9719273

Abstract

PCT No. PCT/DE96/02229 Sec. 371 Date May 11, 1998 Sec. 102(e) Date May 11, 1998 PCT Filed Nov. 19, 1996 PCT Pub. No. WO97/19273 PCT Pub. Date May 29, 1997A magnetic bearing for contactless support of a rotor in relation to a stator, with at least one bearing gap between rotor and stator, in which magnetic zones of rotor and stator, appropriately designated rotor magnet and stator magnet, respectively, are disposed facing each other a short distance apart. The stator magnet is fixed to the stator in such a way that it can vibrate freely in substantially one plane, which is aligned parallel to the magnet faces of the rotor and stator magnets facing each other in the bearing gap. In this arrangement, a mechanical friction device is disposed between the stator and stator magnet to damp the vibrational movement of the stator magnet.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 43 745 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶: 2/B0DE
F 16 C 32/04
D 01 H 7/04

⑳ Aktenzeichen: 195 43 745.4
㉑ Anmeldetag: 24. 11. 95
㉒ Offenlegungstag: 28. 5. 97

DE 195 43 745 A 1

㉗ Anmelder:
Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich, DE

㉘ Erfinder:
Fremerey, Johan K., Dr., 53129 Bonn, DE;
Polachowski, Stephan, 52428 Jülich, DE; Reiff,
Heinrich, 52382 Niederzier, DE

㉙ Entgegenhaltungen:
JP 06-3 33 733 A
JP 05-1 18 334 A

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉚ Magnetisches Lager

㉛ Die Erfindung betrifft ein magnetisches Lager zur berührungslosen Abstützung eines beweglichen, vorzugsweise rotierenden Körpers, nachfolgend Rotor genannt, gegenüber einem feststehenden Teil, nachfolgend Stator genannt, mit mindestens einem Lagerspalt zwischen Rotor und Stator, an welchem sich magnetische Bereiche von Rotor und Stator, entsprechend als Rotor- bzw. Statormagnet bezeichnet, in geringem Abstand gegenüberstehen. Der Statormagnet am Stator ist im wesentlichen in einer Ebene frei schwingbar, die parallel zu sich am Lagerspalt gegenüberstehenden Magnetflächen von Rotor- und Statormagnet ausgerichtet ist, befestigt. Dabei ist zwischen Stator und Statormagnet zur Dämpfung der Schwingbewegung des Statormagneten eine mechanische Reibvorrichtung angeordnet.

DE 195 43 745 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein magnetisches Lager zur berührungslosen Abstützung eines beweglichen, vorzugsweise rotierenden Körpers gegenüber einem feststehenden Teil. Im folgenden wird der bewegliche Körper "Rotor", der feststehende Teil "Stator" genannt. Rotor und Stator weisen magnetische Bereiche auf, entsprechend Rotor- bzw. Statormagnet bezeichnet, die an mindestens einem Lagerspalt des magnetischen Lagers sich in geringem Abstand gegenüberstehen. Der Statormagnet ist am Stator derart befestigt, daß er relativ zum Stator im wesentlichen in einer Ebene, die parallel zu sich am Lagerspalt gegenüberliegenden Magnetflächen von Rotor- und Statormagnet ausgerichtet ist, frei schwingen kann.

Magnetische Lager dieser Art sind bekannt. In einer von McHattie beschriebenen magnetischen Lagerung, s. Review of Scientific Instruments, vol. 12, S. 429/435, 1941, mit der kleine schnell rotorierende Stahlzylinder berührungslos gelagert werden und die mit einer axial aktiven elektromagnetischen Stabilisierung ausgerüstet sind, werden radiale Schwingungen des gelagerten Rotors durch berührungslose magnetische Ankopplung auf eine radial beweglich montierte Nadel übertragen und durch Einbettung der Nadel in Öl gedämpft. Eine Öldämpfung wird auch von J. W. Beams in "Double Magnetic Suspension", Review of Scientific Instruments, vol. 34, S. 1071/1074, 1963, angegeben.

Nachteilig bei diesem Dämpfungssystem sind die erforderliche Kapselung des beweglich montierten Statorteils zur Vermeidung von Ölverlusten sowie das durch die Kapselung notwendige zusätzliche Bauvolumen der Vorrichtung und die dadurch bedingten relativ hohen Fertigungskosten. Als Bestandteil von massengefertigten Magnetlagersystemen, die in unmittelbarer Konkurrenz zu kostenoptimierten wälzgelagerten Systemen treten sollen, insbesondere beim Einsatz solcher Lager für Textilspindeln und -zentrifugen, erscheint der Öldämpfer allein wegen seines Fertigungsaufwandes ungünstig. Ferner entsprechen die Eigenschaften eines Öldämpfers aufgrund der Umwälzung eines Teils der Ölmasse nur bedingt den Eigenschaften eines idealen Schwingungsdämpfers mit geschwindigkeitsproportionaler Dämpfungskraft, denn durch die Ölumwälzung werden neben der reinen Dämpfungskraft auch Massen-Beschleunigungskräfte wirksam.

Aufgabe der Erfindung ist die Ausstattung eines magnetischen Lagers mit einem Dämpfungssystem, das zu einem geringen Bauvolumen führt und bei dem das Umwälzen und Mitbewegen erheblicher Massen bei der Dämpfung weitgehend reduziert werden kann. Darüber hinaus soll das magnetische Lager auch kostengünstig herstellbar sein.

Diese Aufgabe wird bei einem magnetischen Lager der eingangs genannten Art durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Danach ist zur Dämpfung der Schwingungsbewegung des Statormagneten, der in einer Ebene parallel zu den Magnetflächen des Rotor- und Statormagneten schwingt, eine mechanische Reibvorrichtung vorgesehen. Die Reibvorrichtung weist bevorzugt zwei kraftschlüssig miteinander in Berührung stehende Berührungsflächen auf, deren Flächennormalen senkrecht zur Schwingungsebene des Statormagneten orientiert sind, Patentanspruch 2. Bei einer Auslenkung des Statormagneten gleiten diese Berührungsflächen aufeinander und dämpfen die freie Schwingungsbewegung des Statormagneten um so

mehr, je stärker die Reibkraft zwischen den Berührungsflächen eingestellt ist, die das Aufeinandergleiten der Berührungsflächen bestimmt.

Vorteilhaft ist es, eine der beiden Berührungsflächen mit einer glatten Oberfläche, die andere Berührungsfläche mit einer rauen Oberfläche auszustatten, Patentanspruch 3. Die glatte Oberfläche kann von festem, insbesondere metallischem Material ausgebildet sein, die raue Oberfläche vorzugsweise aus Gewebe, Filz oder anderen aus Fasern aufgebautem nachgiebigen Material bestehen.

Zum Zwecke der Einstellung eines für den jeweiligen Anwendungsfall optimierbaren Dämpfungsgrades ist die Reibkraft zwischen den Berührungsflächen regulierbar, Patentanspruch 4. Hierzu läßt sich insbesondere die Andruckkraft zwischen den Berührungsflächen variieren.

Nach Patentanspruch 5 ist es vorgesehen, die raue Oberfläche mit dem Statormagneten zu verbinden, und zur Ausbildung der glatten Oberfläche eine ortsfest am Stator befestigte mechanische Feder zu verwenden, die sich im wesentlichen in Richtung der Flächennormalen der Berührungsfläche federnd bewegt. Je größer der von der Feder auf die glatte Oberfläche ausgeübte Druck ist, um so höher ist die Andruckkraft zwischen den Berührungsflächen. Da mit der Andruckkraft auch die Reibkraft steigt, erhöht sich mit steigendem Federdruck die erreichte Dämpfung der Bewegung des Statormagneten. Bei einstellbarer Vorspannung der Feder ist die Reibkraft und somit die Dämpfung anpaßbar, Patentanspruch 6.

Zweckmäßig ist in einfachster Weise zur Einstellung des Druckes zwischen den Berührungsflächen eine Blattfeder eingesetzt, Patentanspruch 7. Nach Patentanspruch 8 läßt sich die Vorspannung der Blattfeder durch entsprechenden Druck auf das federnde Ende der Blattfeder erzeugen.

Die Erfindung und weitere Ausbildungen der Erfindung werden nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch wiedergegebenen Ausführungsbeispiels näher erläutert.

In der Zeichnung ist ein Längsschnitt eines rotations-symmetrischen magnetischen Lagers dargestellt. Ein hohlzylindrisch ausgebildeter Rotor 1 mit senkrecht angeordneter Rotationsachse 2 ist an seinem oberen Ende mit einem ringförmigen, im Ausführungsbeispiel permanentmagnetischem Rotormagnet 3 versehen. Der Rotormagnet 3 ist an einem horizontal verlaufenden Lagerspalt 4 in engem Abstand einem Statormagneten 5 gegenüber angeordnet, der ebenfalls ringförmig ausgebildet ist und die gleichen Abmessungen wie der Rotormagnet 3 aufweist. Im Ausführungsbeispiel besteht der Statormagnet 5 aus permanentmagnetischem Material. Durch die anziehende magnetische Kraftwirkung zwischen Rotormagnet 3 und Statormagnet 5 wird die Gewichtskraft des Rotors 1 weitgehend kompensiert, in der schematischen Zeichnung ist eine zusätzlich erforderliche leichte Abstützung des Rotors nicht dargestellt.

Der Statormagnet 5 ist an einer Plattform 6 angebracht, die auf biegeelastischen Stützen 7 am ortsfesten Stator 8 in vertikaler Richtung starr, in horizontaler Ebene dagegen nachgiebig schwingbar montiert ist. Für die biegeelastischen Stützen 7 werden im Ausführungsbeispiel am Stator 8 einseitig eingespannte Metallstifte verwendet, deren dem Einspannende entgegengesetztes Ende die Plattform 6 trägt, so daß die Plattform bei einer Bewegung in horizontale Ebene frei ausschlagen kann. Dabei werden die Metallstifte federnd ausgelenkt,

in der Zeichnung ist die Bewegung der Stütze 7 als Biegelinie 9 schematisch markiert.

Die Plattform 6 ist mit drei Stützen 7 am Stator 8 abgestützt, im in der Zeichnung dargestellten Längsschnitt des magnetischen Lagers ist eine dieser Stützen 5 wiedergegeben. Die die Stützen bildenden Metallstifte sind radial zur Stiftachse in allen Richtungen federn beweglich, so daß die Plattform 6 in horizontaler Ebene, die parallel zu den Magnetflächen von Rotor- und Statormagneten am horizontalen Lagerspalt 4 ausgerichtet ist, in jeder Richtung frei schwingen kann.

Die Plattform 6 trägt auf ihrer dem Statormagneten 5 abgewandten Fläche Filzscheiben 10. Im Ausführungsbeispiel sind drei solcher Filzscheiben auf der Oberseite der Plattform 6 aufgeklebt, im in der Zeichnung dargestellten Längsschnitt des magnetischen Lagers ist nur eine dieser Filzscheiben sichtbar. Die Filzscheiben 10 berühren jeweils eine glatte Fläche einer Feder, im Ausführungsbeispiel die Fläche einer der breiten Seiten einer Blattfeder 11. Die Berührungsflächen von Filzscheiben und zugehörigen Blattfedern weisen Flächennormalen auf, die senkrecht zur horizontalen Schwingsebene des Statormagneten 5 orientiert sind. Die Blattfedern 11 sind am Stator 8 derart befestigt, daß sie mit ihren freien federnden Enden in Richtung der Rotationsachse 2 auf die Filzscheiben drücken und den Berührungsdruk zwischen glatter Oberfläche der Blattfedern und rauher Oberfläche der Filzscheiben bestimmen. Im Ausführungsbeispiel ist zur Verstärkung des Federdrucks auf das freie Ende der Blattfeder ein Metallring 12 aufgelegt, dessen Gewicht zur Einstellung und Anpassung des Berührungsdrukkes an die im Einzelfall benötigte Dämpfungskraft variierbar ist. Die Reibkraft zwischen den Berührungsflächen läßt sich so regulieren.

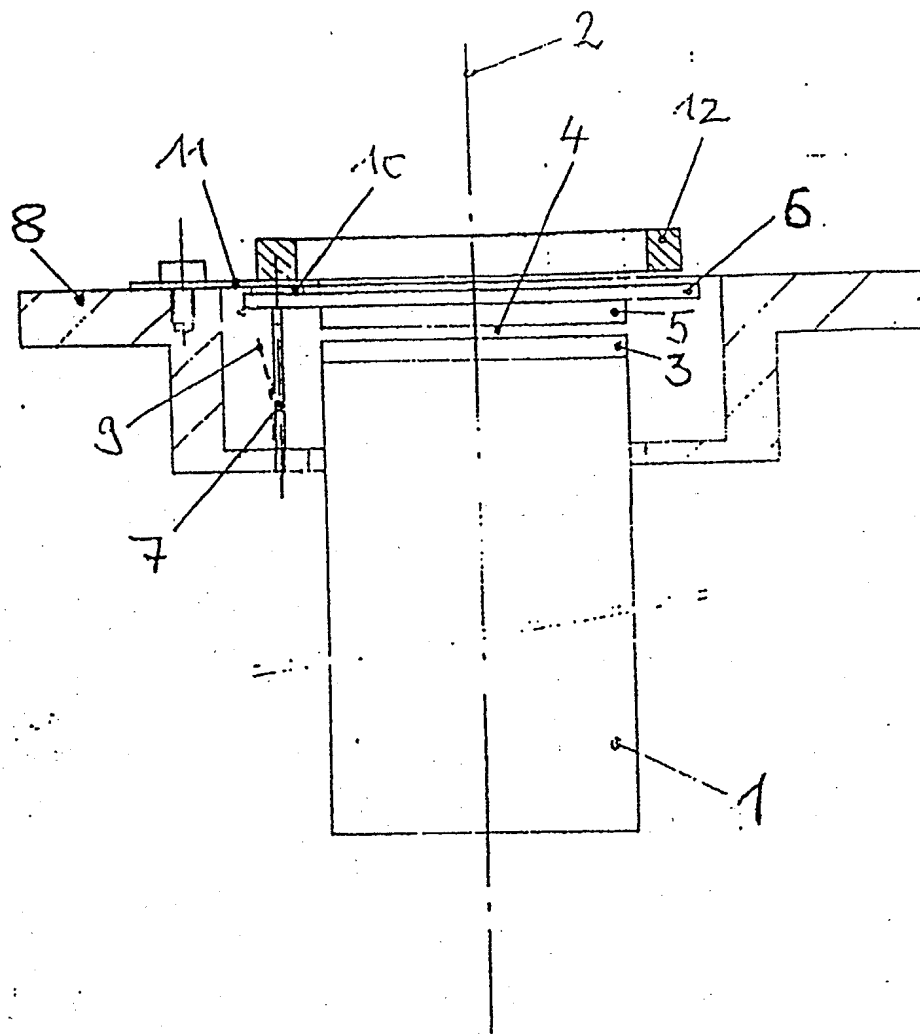
Ein derart ausgebildetes magnetisches Lager ist in axialer Richtung infolge des im Lagerspalt 4 wirkenden permanentmagnetischen Feldes im wesentlichen stabil. Radiale Schwingungen des Rotors während seiner Rotation werden durch mechanische Reibung aufgefangen. So wird bei einer radialen Auslenkung des Rotors 1 relativ zu seiner Rotationsachse 2 wegen der magnetischen Kopplung zwischen dem Rotormagneten 3 und dem Statormagneten 5 die Plattform 6 in horizontaler Ebene des Lagerspals 4 bewegt. Radiale Schwingungen des Rotors 1 übertragen sich auf die Plattform 6. Bei einer solchen Bewegung der Plattform 6 verschieben sich auch die Filzscheiben 10 gegenüber den glatten Flächen der Blattfedern 11, je nach Berührungsdruk zwischen den Filzscheiben 10 und den Blattfedern 11 werden die gleitenden Bewegungen jedoch gebremst und somit die Schwingungen des Rotors 1 gedämpft.

Das Bauvolumen der als Dämpfvorrichtung wirkenden Reibvorrichtung, die aus den Lagerteilen Plattform 6, Filzscheiben 10 und Blattfedern 11 mit gegebenenfalls aufgelegtem Metallring 12 besteht, ist entsprechend gering. Durch Erzeugung des Berührungsdrukkes mittels der Feder, der im Ausführungsbeispiel durch Vorgabe des Gewichts des Metallrings 12 auch variierbar ist, und den geringen Aufwand für die die Dämpfung bewirkenden Teile, Filzscheiben 10 und Blattfedern 11, ist die Reibvorrichtung, wie sie im Ausführungsbeispiel wieder gegeben ist, besonders kostengünstig herstellbar. Die Masse der Teile der Reibvorrichtung ist gegenüber der wirksamen Dämpfungskraft im Verhältnis zu bisher bekannten Öldämpfern vernachlässigbar klein.

Patentansprüche

1. Magnetisches Lager zur berührungslosen Abstützung eines beweglichen, vorzugsweise rotierenden Körpers, nachfolgend Rotor (1) genannt, gegenüber einem feststehenden Teil, nachfolgend Stator (8) genannt, mit mindestens einem Lagerspalt (4) zwischen Rotor und Stator, an welchem sich magnetische Bereiche von Rotor und Stator, entsprechend als Rotor- bzw. Statormagnet (3, 5) bezeichnet, in geringem Abstand gegenüberstehen, wobei der Statormagnet am Stator im wesentlichen in einer Ebene frei schwingbar befestigt ist, die parallel zu sich am Lagerspalt (4) gegenüberstehenden Magnetflächen von Rotor- und Statormagnet (3, 5) ausgerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Stator (8) und Statormagnet (5) zur Dämpfung der Schwingbewegung des Statormagneten eine mechanische Reibvorrichtung (6, 10, 11) angeordnet ist.
2. Magnetisches Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Reibvorrichtung (6, 10, 11) zwei kraftschlüssig miteinander in Berührung stehende Berührungsflächen (10, 11) aufweist, deren Flächennormalen senkrecht zur Schwingungsebene des Statormagneten (5) orientiert sind.
3. Magnetisches Lager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Berührungsflächen mit einer glatten Oberfläche (11), die andere mit einer rauhen Oberfläche (10) ausgestattet ist.
4. Magnetisches Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibkraft zwischen den Berührungsflächen (10, 11) mit der Reibvorrichtung einstellbar ist.
5. Magnetisches Lager nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die rauhe Oberfläche mit dem Statormagneten (5) fest verbunden ist, und die glatte Oberfläche von einer ortsfest am Stator (8) befestigten Feder (11) ausgebildet ist, die sich im wesentlichen in Richtung der Flächennormalen der Berührungsfläche nachgiebig federnd bewegt.
6. Magnetisches Lager nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibkraft durch einstellbare Vorspannung der Feder (11) regulierbar ist.
7. Magnetisches Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Blattfeder (11) eingesetzt ist.
8. Magnetisches Lager nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorspannung der Blattfeder (11) durch Druck auf deren federndes Ende erzeugt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



Deutsches Patent- und Markenamt

München, den 2. Januar 2001

Telefon: (0 89) 21 95 - 3206

Aktenzeichen: 100 32 440.1

Anmelder:
s.Adr.

Deutsches Patent- und Markenamt · 80297 München

W.Schlaffhorst AG & Co.
Blumenberger Str.143-145

Ihr Zeichen: HPT WS2130 An/L

41061 Mönchengladbach

Bitte Aktenzeichen und Anmelder bei
allen Eingaben und Zahlungen angeben

Zutreffendes ist angekreuzt ☒ und/oder aus ausgefüllt!

Ergebnis einer Druckschriftenermittlung

Auf den Antrag des
wirksam am 4. Juli 2000 gemäß ☒ § 43 Patentgesetz ☐ § 7 Gebrauchsmustergesetz
sind die auf den beigefügten Anlagen angegebenen öffentlichen Druckschriften ermittelt worden.
Ermittelt wurde in folgenden Patentklassen:

Klasse/Gruppe	Prüfer	Patentabt.
D01H 4/12	Kühlbrey, K.	26

Die Recherche im Deutschen Patent- und Markenamt stützt sich auf die Patentliteratur folgender Länder und Organisationen:

Deutschland (DE, DD), Österreich, Schweiz, Frankreich, Großbritannien, USA, Japan (Abstracts),
UDSSR (Abstracts), Europäisches Patentamt, WIPO.

Recherchiert wurde außerdem in folgenden Datenbanken:

Anlagen:

Anlagen 1, 2 und 3 zur Mitteilung der ermittelten Druckschriften

Patentabteilung 11
Recherchen-Leitstelle

10 Druckschrift(en) bzw. Ablichtung(en)



P 2251
05/99
06.95

**Annahmestelle und
Nachbriefkasten
nur
Zweibrückenstraße 12**

Dienstgebäude
Zweibrückenstraße 12 (Hauptgebäude)
Zweibrückenstraße 5-7 (Breiterhof)
Cincinnatistraße 64
Rosenheimer Straße 116
Balanstraße 59

Hausadresse (für Fracht)
Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstraße 12
80331 München

Telefon (089) 2195-0
Telefax (089) 2195-2221

Bank: Landeszentralbank München 700 010 54
(BLZ 700 000 00)

Internet-Adresse <http://www.patent-und-markenamt.de>



Schnellbahnanschluß im
Münchner Verkehrs- und
Tarifverbund (MVV):

Zweibrückenstraße 12 (Hauptgebäude),
Zweibrückenstraße 5-7 (Breiterhof):
S1 - S8 Isartor

Rosenheimer Str. 116 / Balanstraße 59
Alle S-Bahnen Richtung Ostbahnhof, ab Ostbahnhof Buslinien
45 / 95 / 96 / 198 Haltestelle Kustermannpark

Cincinnatistraße 64
S2 Fasangarten Bus 98 oder 99

Deutsches Patent- und Markenamt

80297 München

Anlage 2

zur Mitteilung der ermittelten Druckschriften

Aktenzeichen

100 32 440.1

Erläuterungen zu den ermittelten Druckschriften:

1	2		3
Kate- gorie	Ermittelte Druckschriften/Erläuterungen		Betrifft Anspruch
Y	DE	198 27 606 A1	1
Y	DE	22 48 695 A	1
A,D	DE	198 19 767 A1	
D,A	DE	195 43 745 A1	
D,A	DE	29 19 236 C2	
Y	DE	195 29 038 A1 Fig. 1 m.Beschr.	1,2
Y	DE	32 40 809 C2 Fig. 1-6 m.Beschr.	1-3
Y	DE	24 57 783 C2 ganze Schrift, insb. Sp. 5	1-7
Y	WO	95 23 297 A1 Fig. 1 m.B.	1,2,4,5,7
Y	FR	27 42 497 A1 Fig. 1-8 m.B.	1,2,5,7

Hinweise zur Mitteilung (Vordruck P 2251)

Eine Gewähr für die Vollständigkeit der Ermittlung wird nicht geleistet (§ 43 Abs. 7 Patentgesetz bzw. § 7 Abs. 2 Gebrauchsmustergesetz i.V.m. § 43 Abs. 7 Satz 1 Patentgesetz).

Die angegebene Patentliteratur kann in den Auslegehallen des Deutschen Patent- und Markenamts, 80331 München, Zweibrückenstraße 12, oder 10969 Berlin, Gitschiner Str. 97 eingesehen werden; deutsche Patentschriften, Auslegeschriften und Offenlegungsschriften auch in den Patentinformationszentren. Ein Verzeichnis über diese Patentinformationszentren kann auf Wunsch vom Deutschen Patent- und Markenamt sowie von einigen Privatfirmen bezogen werden.

Erklärungen zur Anlage 2 (Vordruck P 2253)

Spalte 1: Kategorie

Es bedeutet:

- X:** Druckschriften, die Neuheit oder Erfindungshöhe allein in Frage stellen
- Y:** Druckschriften, die die Erfindungshöhe zusammen mit anderen Druckschriften in Frage stellen
- A:** Allgemein zum Stand der Technik, technologischer Hintergrund
- O:** Nicht-schriftliche Offenbarung, z.B. ein in einer nachveröffentlichten Druckschrift abgedruckter Vortrag, der vor dem Anmelde- oder Prioritätstag öffentlich gehalten wurde
- P:** Im Prioritätsintervall veröffentlichte Druckschriften
- T:** Nachveröffentlichte, nicht kollidierende Druckschriften, die die Theorie der angemeldeten Erfindung betreffen und für ein besseres Verständnis der angemeldeten Erfindung nützlich sein können bzw. zeigen, daß der angemeldeten Erfindung zugrunde liegende Gedankengänge oder Sachverhalte falsch sein könnten
- E:** Ältere Anmeldungen gemäß § 3 Abs. 2 PatG (bei Recherchen nach § 43 PatG); ältere Patentanmeldungen oder ältere Gebrauchsmuster gemäß § 15 GbmG (bei Recherchen nach § 7 GbmG)
- D:** Druckschriften, die bereits in der Patentanmeldung genannt sind
- L:** Aus besonderen Gründen genannte Druckschriften, z.B. zum Veröffentlichungstag einer Entgegnung oder bei Zweifeln an der Priorität.

Spalte 2: Ermittelte Druckschriften / Erläuterungen

Veröff.: Veröffentlichungstag einer Druckschrift im Prioritätsintervall

nr: Nicht recherchiert, da allgemein bekannter Stand der Technik, oder nicht recherchierbar

=: Druckschriften, die auf dieselbe Ursprungsanmeldung zurückgehen ("Patentfamilien") oder auf die sich Referate oder Abstracts beziehen.

"-": Nichts ermittelt

Spalte 3: Betroffene Ansprüche

Hier sind die Ansprüche unter Zuordnung zu den in Spalte 2 genannten relevanten Stellen angegeben.